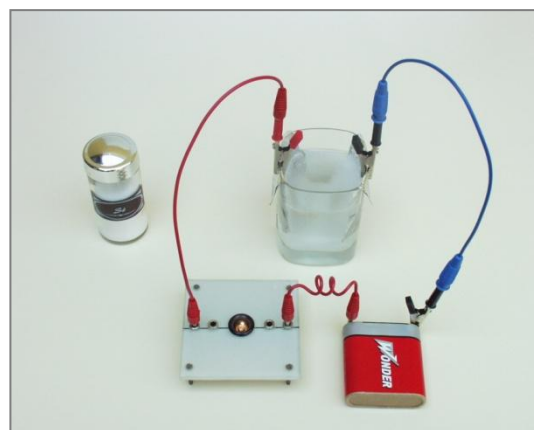
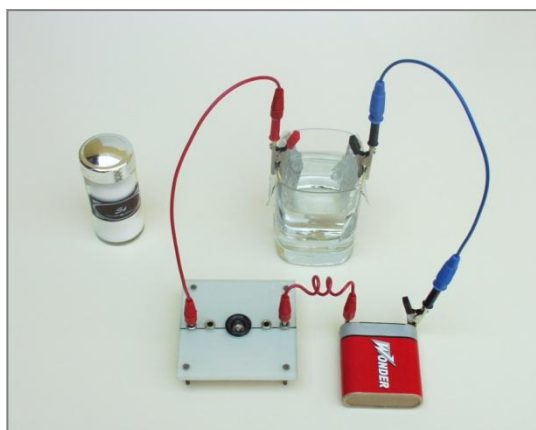


◀	Tartalom	Fogalmak	Törvények	Képletek	Lexikon	▶
---	----------	----------	-----------	----------	---------	---

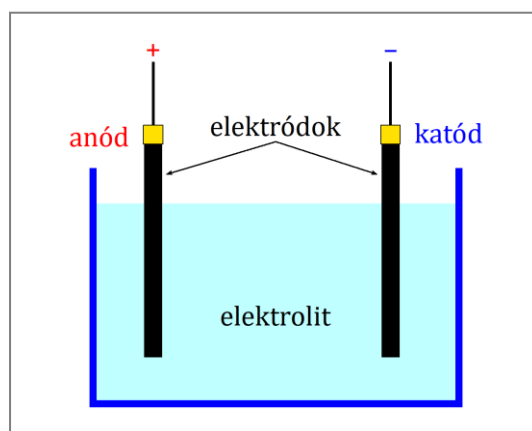
## Áramvezetés folyadékokban. Az elektrolízis

Ha desztillált vízbe két grafitrudat merítünk, és azokat egy zseblámpaizzón keresztül egy zsebtelephez kapcsoljuk, akkor az izzó nem világít. *A desztillált víz ugyanis szigetelő* (ellentétben a csapvízzel).



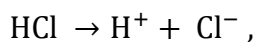
Ha azonban a vízben konyhasót oldunk fel, az ellenállás jelentősen csökken, és az izzó világítani kezd. Ezzel egyidejűleg az áram be- és kivezetését biztosító grafitrudakon kémiai változások (például gázfejlődés) észlelhetők. Ez a kísérlet is azt igazolja, hogy a kémiaailag tiszta folyadékok, a folyékony fémektől és megolvasztott sóktól eltekintve, általában rossz vezetők. Ha azonban a folyadékban valamilyen oldott anyag is jelen van, akkor a folyadék vezeti az elektromos áramot.

*Az olyan folyadékot, amelyben az áramvezetés kémiai változásokkal kapcsolatos elektrolitnak nevezünk. A savak, lúgok és sók vizes oldatai, továbbá a sók olvadékai többnyire elektrolitok. Az elektrolitok áramvezetésével és a közben lejároló kémiai változásokkal kapcsolatos jelenséget összefoglalóan elektrolízisnek nevezünk. Az áramforrás pozitív pólusához kapcsolt elektródot anódnak, a negatív pólushoz csatlakozót katódnak nevezünk.*

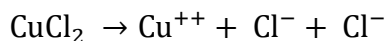


Ha sósav vizes oldatán szénelektrodok segítségével áramot vezetünk keresztül, az anódon klórgáz, a katódon hidrogén válik ki. Ha szénelektrodokat alkalmazva réz-klorid-oldaton bocsátunk át áramot, akkor az anódként használt szénelektrodon klórgáz, a katódon pedig réz válik ki. Általában is megfigyelhető, hogy az *elektrolízis során az elektrodokon anyagkiválás történik*. A fémek és a hidrogén mindig a katódon, az oxigén vagy a savmaradékok az anódon válnak ki.

Az elektrolitok áramvezetése a következőképpen értelmezhető. Az eredetileg semleges anyagok egy része már oldódásakor pozitív és negatív töltésű ionokra bomlik. A sósavnál ez a bomlás a



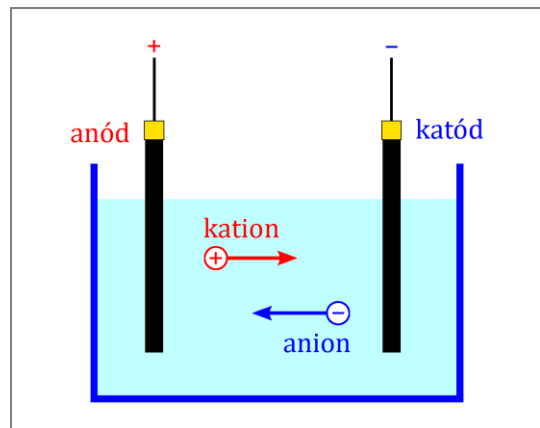
a réz-kloridnál a



egyenletekkel írható le.

Ha az elektrodokra áramforrást kapcsolunk, az elektrolitban kialakuló elektromos mező hatására az ionok addigi rendezetlen mozgásához egy rendezett mozgás adódik.

- A pozitív ionok a negatív elektród, a *katód* felé áramlanak, ezeket az ionokat *kationoknak* nevezik. A katódhoz érkező pozitív kationok *elektront vesznek fel*.
- A negatív ionok a pozitív elektród, az *anód* felé mozognak, ezeket az ionokat *anionoknak* nevezzük. Az anódra érkező anionok *elektront adnak le*.

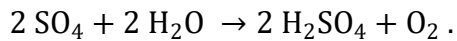


Ennek eredményeképpen az *elektrodokhoz érkező ionok semlegesítődnek*. Eszerint az *elektrolitokban a pozitív és negatív ionok mozgása jelenti az elektromos áramot*. Az elektrolízisnek ezt a szakaszát (ionok mozgása, semlegesítődés) *elsődleges folyamatnak* nevezzük.

Az elsődleges folyamat során létrejött semleges atomok vagy atomcsoportok többnyire reakcióba lépnek egymással, az elektrodokkal vagy az oldószerrel. Ezeket a folyamatokat *másodlagos folyamatoknak* nevezzük. A sósav elektrolízise során az elsődleges folyamatban a klór-, illetve a hidrogénionok semleges atomokká válnak. A másodlagos

folyamatban két-két klóratom, illetve két-két hidrogénatom klór-, illetve hidrogénmolekulává kapcsolódik össze.

A másodlagos folyamatok miatt gyakran nem az oldott anyag molekulái válnak ki az elektródokon. A vízbontásnál például az elektrolit híg kénsavoldat. A kénsav hidrogén- és szulfátionokra bomlik, és az áram hatására a hidrogén a katódon válik ki gáz formájában. A szulfátionok viszont semlegesítődés után a vízzel lépnek reakcióba:



Az anódon így oxigén válik ki, az újra ionokra bomló kénsav mennyisége viszont változatlan marad.

Az elektrolízis során kivált anyag mennyisége és az elektroliton átáramlott töltésmennyiség közti kapcsolatot Faraday törvényei adják meg.

*Faraday első törvénye: Az elektródon kivált anyag tömege egyenesen arányos az elektroliton áthaladt töltésmennyiséggel.* Ennek megfelelően a két mennyiség hányadosa állandó. A pontos mérések szerint ez a hányados jellemző az elektródon kivált anyagra, de független attól, hogy milyen elektrolitot, milyen elektródokat és mekkora feszültségű áramforrást alkalmaztunk. Például ha az elektródon ezüst válik ki, akkor az ezüst tömegének és az átáramlott töltésnek a hányadosa mindig  $1,118 \cdot 10^{-6} \text{ kg/C}$ . Hidrogénnél ez a hányados  $0,01045 \cdot 10^{-6} \text{ kg/C}$ .

*Az elektródon kivált anyag tömegének és az elektroliton átáramlott töltésmennyiségnek a hányadosát az anyag elektrokémiai egyenértékének nevezzük. Jele  $k$ . Képlettel:*

$$k = \frac{m}{Q} .$$

Az elektrokémiai egyenérték SI-mértékegysége:

$$[k] = \frac{[m]}{[Q]} = \frac{\text{kg}}{\text{C}} .$$

Faraday második törvényének megfogalmazása előtt értelmeznünk kell az egyenértékű mennyiség fogalmát. *Egy anyag egyenértékű mennyiségének nevezzük az adott anyag relatív atomtömegének ( $A$ ) és vegyértékének ( $z$ ) hányadosát.* Például a kalcium relatív atomtömege 40, a vegyértéke 2, ezért az egyenértékű mennyisége:

$$\frac{A}{z} = \frac{40}{2} = 20 .$$

*Faraday második törvénye: Bármely két anyag elektrokémiai egyenértékének aránya megegyezik egyenértékű mennyiségek arányával. Képlettel:*

$$k_A : k_B = \frac{A_A}{z_A} : \frac{A_B}{z_B}.$$

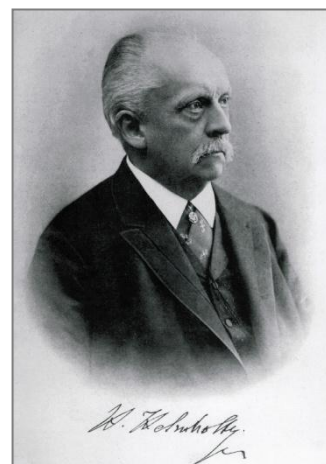
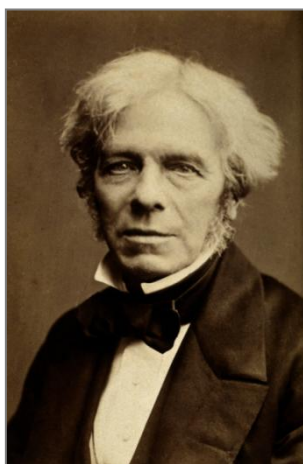
Faraday első törvénye alapján kiszámítható, hogy valamely anyag egy-egy ionjának kiválasztása mennyi töltés átáramlásával jár együtt. Ezeknek a számításoknak az eredményei szerint bármely  $z$  vegyértékű anyag egy-egy ionja

$$Q = z \cdot 1,602176634 \cdot 10^{-19} \text{ C} \quad (1)$$

nagyságú töltést szállít. Mivel az elektron töltése  $-1,602176634 \cdot 10^{-19} \text{ C}$ , így valamely  $z$  vegyértékű anyag egyetlen ionja  $z$  számú elektron felvételével, illetve leadásával válhat semlegessé.

## Kiegészítések

1. *Humphry Davy* (1778–1829) angol vegyész az 1800-as évek elején kezdte meg az elektrolízissel kapcsolatos vizsgálatait. Kísérletei során 1807-ben felfedezte a káliumot és a nátriumot. A káliumot megolvasztott hamusírból (kálium-karbonát), a nátriumot olvasztott sziksóból (nátrium-karbonát) elektrolízissel állította elő.



2. *Michael Faraday* (1791–1867) angol fizikus, vegyész 1833-ban fogalmazta meg az elektrolízisre vonatkozó törvényeit. Faraday elektrolízissel kapcsolatos eredeti cikke: <https://royalsocietypublishing.org/doi/pdf/10.1098/rstl.1834.0008>. Ebben az I. törvény megfogalmazása a következő: „*The chemical power of a current of electricity is in direct proportion to the absolute quantity of electricity which passes.*” – magyarul: „Az

elektromos áram kémiai ereje egyenes arányban van az áthaladó elektromosság abszolút mennyiségével.” (102. oldal, 783. pont.)

3. Az *elektrolit, elektród, anód, katód, ion, anion, kation* kifejezések görög eredetűek. Ezeket az elnevezéseket *William Whewell* (1794–1866) angol polihisztor javaslata alapján *Faraday* vezette be Az egyes szóelemek jelentése (Faraday 1833-as eredeti cikke alapján):

- elektron (ήλεκτρον): borostyán (megkövesedett gyanta)
- odos (ὁδος): út, utca
- ana (ἀνα): fel, felett
- kata (κατα): le, lefelé
- lio (λυω): oldat, folyadék
- ion (ἰόν): menő, haladó

\* ἤλεκτρον, and ὁδος a way.  
 † ἀνα upwards, ὁδος a way; the way which the sun rises.  
 ‡ κατα downwards, ὁδος a way; the way which the sun sets.  
 § ἤλεκτρον, and λυω solvo. N. Electrolyte, V. Electrolyze.

\* ἀνιον that which goes up. (Neuter participle.)

† κation that which goes down.

4. Az elektrokémiai egyenérték egysége az SI-alapegységekkel kifejezve:

$$[k] = \frac{\text{kg}}{\text{C}} = \frac{\text{kg}}{\text{A} \cdot \text{s}} = \text{kg} \cdot \text{A}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}.$$

5. A Faraday-törvények értelmezése kapcsán *Hermann von Helmholtz* (1821–1894) német természettudós 1881-ben vetette fel azt a gondolatot, hogy az elektromos töltésnek is van egy tovább már nem osztható, elemi mennyisége. Helmholtz ezzel összhangban azt is feltételezte, hogy minden ionnak a vegyértékével azonos számú elemi töltése van. Helmholtz eredetileg katonaorvos volt, 1849-től lett az élettan és a fizika professzora. 1852-ben megmérte az ingervezetés sebességét az idegsejtben. Foglalkozott a látással és a hallással is. Helmholtz 1872-től a Magyar Tudományos Akadémia tiszteleti tagja volt.

6. Az egyetlen ion által szállított töltés kiszámításához az elektrokémiai egyenértéket definiáló képletből kifejezzük a töltésmennyiséget:

$$k = \frac{m}{Q} \quad \Rightarrow \quad Q = \frac{m}{k}.$$

A tömeg megegyezik a moláris tömeg és az anyagmennyiség szorzatával, ezért:

$$Q = \frac{m}{k} = \frac{M \cdot n}{k}.$$

Avogadro törvényéből az anyagmennyiséget kifejezve:

$$N_A = \frac{N}{n} \quad \Rightarrow \quad n = \frac{N}{N_A}.$$

Ezt az előző összefüggésbe helyettesítve:

$$Q = \frac{m}{k} = \frac{M \cdot n}{k} = \frac{M \cdot \frac{N}{N_A}}{k} = \frac{M \cdot N}{k \cdot N_A}.$$

Az ezüstről  $M = 0,10787 \text{ kg/mol}$  és  $k = 1,118 \cdot 10^{-6} \text{ kg/C}$ . Egyetlen ezüstion ( $N = 1$ ) által szállított töltésmennyiség tehát:

$$Q = \frac{M \cdot N}{k \cdot N_A} = \frac{0,10787 \frac{\text{kg}}{\text{mol}} \cdot 1}{1,118 \cdot 10^{-6} \frac{\text{kg}}{\text{C}} \cdot 6,023 \cdot 10^{23} \frac{1}{\text{mol}}} \approx 1,602 \cdot 10^{-19} \text{ C}.$$

A réznél  $M = 0,06354 \text{ kg/mol}$  és  $k = 0,3292 \cdot 10^{-6} \text{ kg/C}$ . Egyetlen rézion által szállított töltésmennyiség eszerint:

$$Q = \frac{M \cdot N}{k \cdot N_A} \approx 3,204 \cdot 10^{-19} \text{ C} = 2 \cdot 1,602 \cdot 10^{-19} \text{ C}.$$



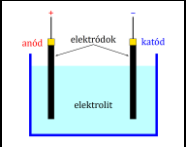
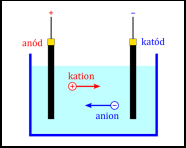



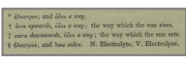
Mivel az ezüst vegyértéke egy, a réz pedig két vegyértékű, ezért a kapott eredmények összhangban vannak az (1) összefüggéssel.



7. Az áramerősség mértékegységét, az *ampert* eredetileg a kémiai hatás alapján definiálták. Az 1908-ban elfogadott definíció szerint 1 A erősségű az az áram, amely az ezüst-nitrát vizes oldatából 1 s alatt 1,1180 mg ezüstöt választ ki a katódon.
8. Az elektrolízis segítségével fémeket más fémekkel lehet bevonni. Ezt az eljárást galvanizálásnak nevezzük. Galvanizálással a vastárgyakat például rozsdálló krómbevonattal lehet ellátni.
9. Az *alumínium* ipari előállítása is elektrolízissel történik. Mivel a kivált alumínium mennyiségét az áthaladó töltés mennyisége szabja meg, rendkívül nagy áramerősséget alkalmaznak. Az áramerősség elérheti a 100 000 A-es értéket is. A  $Q = I \cdot \Delta t$  összefüggésnek megfelelően így



rövid idő alatt is sok töltés halad át az elektrolizáló kádon, tehát viszonylag sok alumínium válik ki az elektrolitból. Mivel az alkalmazott feszültség csupán néhány volt(!), az elektrolizáló kádatokat egymással sorba kapcsolják.

## Képek jegyzéke

	<b>A desztillált víz szigetelő</b> © <a href="http://fizkapu.hu/fizfoto/fotok/fizf0679.jpg">http://fizkapu.hu/fizfoto/fotok/fizf0679.jpg</a>
	<b>A sós víz vezető</b> © <a href="http://fizkapu.hu/fizfoto/fotok/fizf0680.jpg">http://fizkapu.hu/fizfoto/fotok/fizf0680.jpg</a>
	<b>Elektrolit, elektróda, anód, katód</b> © <a href="http://fizikakonyv.hu/rajzok/0483.svg">http://fizikakonyv.hu/rajzok/0483.svg</a>
	<b>Anion és kation</b> © <a href="http://fizikakonyv.hu/rajzok/0484.svg">http://fizikakonyv.hu/rajzok/0484.svg</a>
	<b>Davy arcképe</b> W <a href="https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Sir_Humphry_Davy,_Bt_by_Thomas_Phillips.jpg">https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Sir_Humphry_Davy,_Bt_by_Thomas_Phillips.jpg</a>
	<b>Faraday arcképe</b> W <a href="https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Michael_Faraday.png">https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Michael_Faraday.png</a>
	<b>Helmholtz arcképe</b> W <a href="https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Hermann_von_Helmholtz_01.jpg">https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Hermann_von_Helmholtz_01.jpg</a>
	<b>Elektród, anód, katód, elektrolit magyarázata (Faraday cikk, 78. oldal)</b> © <a href="https://royalsocietypublishing.org/doi/pdf/10.1098/rstl.1834.0008">https://royalsocietypublishing.org/doi/pdf/10.1098/rstl.1834.0008</a>

	<p><b>Anion, kation magyarázata (Faraday cikk, 79. oldal)</b></p> <p>© <a href="https://royalsocietypublishing.org/doi/pdf/10.1098/rstl.1834.0008">https://royalsocietypublishing.org/doi/pdf/10.1098/rstl.1834.0008</a></p>
	<p><b>Alumíniumkohó (Bratszk, Oroszország)</b></p> <p>W <a href="https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Bratsk_Aluminium_Smelter_(34177687303).jpg">https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Bratsk_Aluminium_Smelter_(34177687303).jpg</a></p>

**Jelmagyarázat:**

- © **Jogvéde**tt anyag, felhasználása csak a szerző (és az egyéb jogtulajdonosok) írásos engedélyével.
- W A **Wikimedia Commons**-ból származó kép, felhasználása az eredeti kép leírásának megfelelően.

◀	<i>Tartalom</i>	<i>Fogalmak</i>	<i>Törvények</i>	<i>Képletek</i>	<i>Lexikon</i>	▶
---	-----------------	-----------------	------------------	-----------------	----------------	---